

油橄榄果渣低糖复合咀嚼片的研制和抗氧化作用及安全性评价

叶文斌^{1,2*}, 樊亮³, 胡文斌², 杨文², 孙娜², 王林林²

(1. 陇南师范高等专科学校农林技术学院, 甘肃成县 742500) (2. 陇南特色农业生物资源研究开发中心, 甘肃成县 742500) (3. 陇南师范高等专科学校数信学院, 甘肃成县 742500)

摘要: 以陇南油橄榄果渣膳食纤维为材料复配金耳和黄果槲寄生果实多糖, 添加木糖醇、柠檬酸、氯化钙和D-异抗坏血酸钠等食品添加剂研制油橄榄果渣低糖复合咀嚼片, 根据综合感官参数, 采用响应面设计实验, 最终优化的配方为木糖醇、柠檬酸、金耳和黄果槲寄生果实多糖添加量分别为16%、0.18%、6%和0.25%, 并添加0.01%氯化钙和氯化钠、0.03%D-异抗坏血酸钠、1%硬脂酸镁和0.5%麦芽糊精。研制的低糖复合咀嚼片形态完整、硬度适中, 薄厚均匀、酸甜适中、咀嚼性好, 油橄榄风味突出, 气味协调、颜色均一。检测其所含重金属含量均低于国家安全标准限量(<0.05 mg/kg), 未检出沙门氏菌和金黄色葡萄球菌等致病菌, 大肠杆菌数和真菌数量均远低于国家安全标准。咀嚼片具有较强的总抗氧化能力(ABTS⁺)和较好的清除1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、羟自由基($\cdot\text{OH}$)以及超氧阴离子($\text{O}_2^{\cdot-}$)的效果, 并对小鼠无急性慢性毒理作用。研究结果表明, 研制的油橄榄果渣低糖复合咀嚼片感官指标好, 质量符合国家标准。

关键词: 油橄榄果渣; 低糖; 复合咀嚼片; 研制; 安全评价

文章编号: 1673-9078(2023)10-253-262

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.10.1483

Preparation of Olive Pomace Low-sugar Compound Chewable Tablets and Evaluation of Its Antioxidative Properties and Safety Profile

YE Wenbin^{1,2*}, FAN Liang³, HU Wenbin², YANG Wen², SUN Na², WANG Linlin²

(1. School of Agriculture and Forestry Technology, Longnan Teachers College, Chengxian 742500, China)

(2. Center for Research & Development of Longnan Characteristic Agro-bioresources, Chengxian 742500, China)

(3. School of Mathematics and Information Science, Longnan Teachers College, Chengxian 742500, China)

Abstract: The dietary fiber from olive dregs in Longnan was used to prepare low-sugar compound chewable tablets with the polysaccharides from *Viscum coloratum* fruit and *Naematelia aurantialba*. The optimal formula for the tablets was xylitol (16%), citric acid (0.18%), *N. aurantialba* (6%), *V. coloratum* fruit polysaccharide (0.25%), 0.01% calcium chloride and sodium chloride, 0.03% D-sodium erythorbate, 1% magnesium stearate, and 0.5% maltodextrin. The low-sugar compound chewable tablets were characterized by a complete shape, moderate hardness, uniform thickness, moderate sweet and sour taste, good chewiness, prominent olive flavor, harmonious odor, and uniform color. The levels of heavy metals detected were all lower than the national safety standards (<0.05 mg/kg), and no pathogenic bacteria (e.g., *Salmonella* or *Staphylococcus aureus*) were detected. The number of *Escherichia coli* and fungi was well below the national safety standards. Moreover, the tablets has a strong total antioxidant capacity (ABTS⁺) and a good scavenging effect on DPPH, hydroxyl radicals ($\cdot\text{OH}$), and superoxide anions ($\text{O}_2^{\cdot-}$), with no acute or chronic toxicological effects in mice. The results demonstrated that the low-sugar compound

引文格式:

叶文斌,樊亮,胡文斌,等.油橄榄果渣低糖复合咀嚼片的研制和抗氧化作用及安全性评价[J].现代食品科技,2023,39(10):253-262

YE Wenbin, FAN Liang, HU Wenbin, et al. Preparation of olive pomace low-sugar compound chewable tablets and evaluation of its antioxidative properties and safety profile [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(10): 253-262

收稿日期: 2022-11-21

基金项目: 甘肃省科技重大专项 (21ZD4NK045); 甘肃省自然科学基金项目 (21JR7RK912); 甘肃省高等学校创新基金项目 (2021B-377); 甘肃省重点研发计划项目 (22YF7FK220)

作者简介: 叶文斌 (1982-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向: 天然产物化学与动物药理、果蔬保鲜及功能食品, E-mail: lnszywb@163.com

chewable tablets prepared using olive pomace exhibited favorable sensory indices and quality in accordance with the national standard.

Key words: olive pomace; low sugar; compound chewable tablets; preparation; safety evaluation

油橄榄 (*Olea europaea*) 是世界著名的木本油料树种^[1], 上世纪 50 年代由地中海沿海引种到我国, 陇南是我国最适宜栽培种植地区, 也是全国主产区。而油橄榄所结果实鲜榨后即即为橄榄油, 在橄榄油加工过程中会产生大量的油橄榄果渣, 而果渣中含有大量矿物质和多酚类营养物质, 具有开发功能性食品的巨大潜力^[2-7], 但目前除将其作为肥料和饲料外, 长期得不到高效的利用, 造成了严重的资源浪费和环境污染^[2], 金耳 [*Naematelia aurantialba* (Bandoni & M. Zang) Millanes & Wedin] 为著名药食兼用菌, 药性温中带寒、味甘, 具化痰、止咳、定喘、调气平肝阳的功效^[8], 现代研究表明, 其子实体含有人体必不可少的蛋白质、氨基酸、胶质物、胡萝卜素、多种维生素及矿物质等, 在降血糖血脂、保肝、抗血栓、抗氧化、抗辐射等方面具有很高的食用价值和保健功能^[9-11]。黄果槲寄生果实多糖是黄果槲寄生 [*Viscum coloratum* (Kom.) Nakai f. *lutescens* Kitag] 果实中所分离得到的主要有效生物活性成分, 主要由高度酯化半乳糖聚合物、中性多糖及酸性多糖^[12]等多糖组成, 具有出众的流变学特性和众多的生理活性^[13-15]。而咀嚼片是形状各异、外表美观的片剂食品, 具有携带方便、食用便利等优点, 是大众喜爱和流行的食品, 且呈现的固态状态更具营养的稳定性, 保质和贮藏时间较长, 是食品最流行的加工方法之一^[16-18]。

为此, 以油橄榄果渣为原料, 同时添加金耳粉、黄果槲寄生果实多糖和食品添加辅助成分, 研制一种可以直接食用的低糖复合咀嚼片, 开展单因素筛选试验, 优化最佳工艺, 开展安全和抗氧化作用评价, 为陇南油橄榄果渣开发保健新产品提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

鲜油橄榄果渣, 由陇南市经济林研究院提供; 洁净级 KM 小鼠, 购自中国农业科学院兰州兽医研究所, 许可证号: SCXK(甘)2020-0002。黄果槲寄生果实多糖, 由陇南师范高等专科学校农林技术学院食品实验室提供, 纯度为 99.65%; 金耳, 由陇南康元生物科技有限公司提供; 木糖醇、柠檬酸、硬脂酸镁、D-异抗坏血酸钠、氯化钠、氯化钙均为食品级; 总抗氧化能力 (ABTS⁺) 试剂盒、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH) 试剂盒、羟自由基 ($\cdot\text{OH}$) 试剂盒、超氧阴

离子 ($\text{O}_2^{\cdot-}$) 检测试剂盒, 均购自上海舒话生物科技有限公司。SOD、CAT、GSH-Px 酶活性和 MAD 含量检测试剂盒, 购自南京建成生物工程研究所有限公司; XC-750 粉碎机, 购自浙江永康石柱铂欧五金厂; DK-S24 恒温水浴锅, 购自上海精宏实验设备有限公司; 台式离心机, 购自上海安亭科学仪器厂; THDP-6 单冲压机, 购自上海天阖机械; UV-2100 紫外可见分光光度计, 购自龙尼柯仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

陇南油橄榄果渣→烘干→过筛→粉碎→碱法提取→膳食纤维→加氯化钠溶液→添加黄果槲寄生果实多糖粉末→添加金耳粉末→添加氯化钙→添加 D-异抗坏血酸钠→添加麦芽糊精→添加柠檬酸→添加木糖醇→硬脂酸镁→制软材→湿法造粒→干燥→整粒→压片→灭菌→包装

1.2.2 工艺要点

选取新鲜完整的金耳, 切成 4 mm 薄片, 用清水冲洗干净后, 于 60 °C 干燥箱中干燥 8 h, 干燥器内冷却, 粉碎后过 200 目筛, 备用。将新鲜的油橄榄果渣在 50 °C 烘箱中干燥杀青, 过 100 目筛, 超微粉碎 6 000 目过筛成粉末备用。取 100 g 果渣粉末添加到 350 mL 0.008 g/mL 的 NaOH 碱液中, 在 70 °C 水浴锅中进行碱法提取处理, 40 min 后, 在 4 000 r/min 转速下离心, 对上清液减压浓缩后, 用 4 倍体积的 $\phi=95\%$ 乙醇醇沉过夜, 沉淀用 $\phi=95\%$ 乙醇洗至中性。50 °C 条件下真空干燥至恒重, 粉碎得水溶性膳食纤维, 对离心分离得到的滤渣, 用蒸馏水洗至中性, 50 °C 条件下真空干燥至恒重, 粉碎得水不溶性膳食纤维, 去掉杂质的总膳食纤维得率为 92.73%。将所获得的总膳食纤维添加到 0.10% (m/V) 的氯化钠溶液中, 在振荡频率为 160 r/min 的摇床中振荡 10 min, 搅拌均匀, 添加 0.25% (m/m) 黄果槲寄生果实多糖粉末和 6.0% 金耳粉末, 在摇床中振荡 10 min 搅拌均匀, 再添加 0.01% (m/m) 的氯化钙和 0.03% (m/m) 的 D-异抗坏血酸钠继续振荡搅拌 10 min, 再添加 0.50% (m/m) 的麦芽糊精、0.18% (m/m) 柠檬酸振荡搅拌 10 min 后, 分别添加 16% (m/m) 的木糖醇和 1% (m/m) 硬脂酸镁振荡搅拌 10 min, 待稳定后迅速冷冻干燥, 添加少量水分制备的甜味油橄榄低糖果渣膳食纤维粉软材, 干燥整粒压片, 脱气灭菌装瓶包装后, 室温阴凉干燥处保存。

1.2.3 咀嚼片制备工艺单因素试验

将制备的陇南油橄榄果渣膳食纤维粉按照总量的80%添加,确定好添加量后,加入到用蒸馏水配制成质量比为0.10% (m/V) 的氯化钠溶液中,添加一定比例的木糖醇、柠檬酸、黄果槲寄生果实多糖和金耳粉末,再添加0.01% (m/m) 的氯化钙、0.03% (m/m) 的D-异抗坏血酸钠、1% (m/m) 的硬脂酸镁和0.50% (m/m) 的麦芽糊精,开展低糖油橄榄果渣膳食纤维制备的咀嚼片单因素筛选。从咀嚼片的组织形态、口感、风味和色泽进行综合感官评定,木糖醇的添加量以质量比 (m/m) 为12%、14%、16%、18%和20%来进行筛选,在其他条件不变的情况下,柠檬酸的添加量以质量比 (m/m) 为0.14%、0.16%、0.18%、0.20%和0.22%来进行筛选,黄果槲寄生果实多糖的添加量以质量比 (m/m) 为0.15%、0.20%、0.25%、0.30%和0.35%来进行筛选,金耳粉末的添加量以质量比 (m/m)

为2%、4%、6%、8%和10%来进行筛选。

1.2.4 感官综合评价与质量指标测定

将制备好的油橄榄果渣低糖复合咀嚼片放置7 d,邀请10名食品相关专业人员从组织状态、口感、风味、色泽等方面进行感官评价,总分为100分。评价等级和标准参考张梦宇等^[17]和任小莉等^[19]的方法有改动,感官评价标准如表1所示。质量指标测定参考汤葆莎等^[20,21]的方法通过测定咀嚼片硬度、崩解时限、脆碎度和片重差异来考察;总砷、总铅、总镉、总汞按照GB/T 5009.11、GB/T 5009.12、GB/T 5009.15-2014和GB/T 5009.17-2014中的方法测定,商业无菌、霉菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌按GB/T 4789.26、GB/T 4789.15-2003、GB/ 4789.4-2016和GB/ 4789.10-2016所规定的方法测定;体外抗氧化指标 (ABTS⁺、DPPH[·]、·OH 和 O₂⁻清除能力) 依据试剂盒的方法进行检测。

表1 油橄榄果渣低糖复合咀嚼片感官评价

Table 1 Sensory evaluation of olive pomace low-sugar compound chewable tablets

感官特征	评分标准	分值/分
组织形态 总分 25 分	形态完整,断面结构细密、无粉末,硬度适中,薄厚均匀	18~25
	形态基本完整,断面结构较细密、无粉末,硬度较大,薄厚较均匀	9~17
	形态不完整,断面结构疏松、有粉末,硬度低,薄厚不均匀	0~5
口感 总分 25 分	酸甜适中,咀嚼性好,无颗粒感	18~25
	酸甜不协调,咀嚼性略差,有轻微颗粒感	9~17
	酸甜不协调,咀嚼性差,有颗粒感	0~5
风味 总分 25 分	油橄榄特有风味突出,整体气味协调较好,无其他异味	18~25
	油橄榄特有风味不突出,整体气味协调较差,无其他异味	9~17
	无油橄榄特有风味,整体气味不协调,或有异味	0~5
色泽 总分 25 分	淡棕色,颜色均匀一致	18~25
	棕黄色,颜色较均匀	9~17
	色泽异常,颜色不均匀	0~5

1.2.5 对小鼠急慢性毒理实验

选取25~28 g KM小鼠120只,适应性喂养7 d后,随机分为12组,每组10只,雌雄各半。采用最大耐受剂量法,先取50只小鼠分别灌胃制备好的咀嚼片溶液,将咀嚼片粉碎成粉末用蒸馏水配成溶液,以5 000、10 000、15 000、20 000和250 000 mg/(kg·bw)标准空腹一次性灌胃,后取50只小鼠以灌喂等体积的生理盐水为CK(0)组,灌胃后观察其急性中毒症状、体征,饲料和水正常饲喂,连续观察7 d,检测急性LD₅₀和生理指标等^[22];再取10只小鼠灌胃制备好的咀嚼片溶液,以400 mg/kg·bw标准空腹灌胃,再将10只小鼠以灌喂等体积的生理盐水为CK(0)组,连续灌胃90 d,饲料和水正常饲喂,在观察其中毒症状、体征时,检测30、60和90 d后的生理指标,观察慢

性毒理小鼠生活情况^[22],小鼠急慢性毒理实验中血清中SOD、CAT、GSH-Px酶活性和MAD含量全部用试剂盒中的方法进行检测。

1.3 数据统计

实验所得数据采用SPSS 24.0软件进行统计分析,显著性分析采用单因素方差分析进行比较, $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。

2 结果与讨论

2.1 单因素实验

木糖醇、柠檬酸、金耳和黄果槲寄生果实多糖添加量对咀嚼片综合感官评价由图1~2所示,由此可以

看出：咀嚼片的综合感官评价分值均随着四种因素添加量的升高而逐渐升高，木糖醇、柠檬酸、金耳和黄果槲寄生果实多糖添加量分别在 16%、0.18%、6%和 0.25%时综合感官评价分数最高。木糖醇添加量在 14%和 18%、柠檬酸添加量在 0.16%和 0.20%、金耳在 4%和 8%、黄果槲寄生果实多糖添加量在 0.20%和

0.30%时咀嚼片的综合感官评分都呈下降趋势。所以可以确定 14%、16%和 18%的木糖醇、0.16%、0.18%和 0.20%的柠檬酸、4%、6%和 8%的金耳以及 0.20%、0.25%和 0.30%黄果槲寄生果实多糖为后续的响应面实验参数，来优化咀嚼片加工工艺。

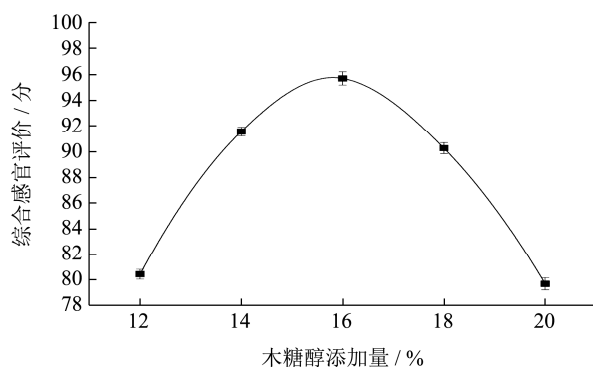


图1 木糖醇和柠檬酸对咀嚼片感官评价的影响

Fig.1 Effects of xylitol and citric acid on sensory evaluation of chewable tablets

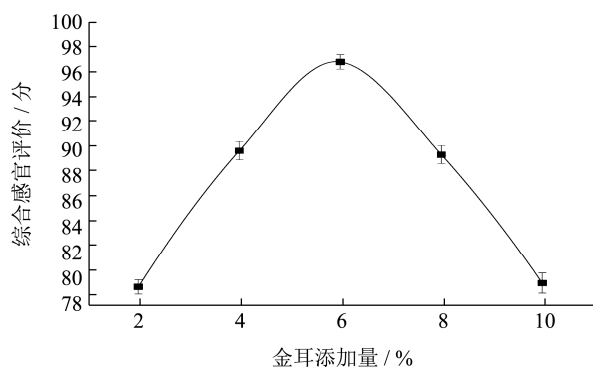
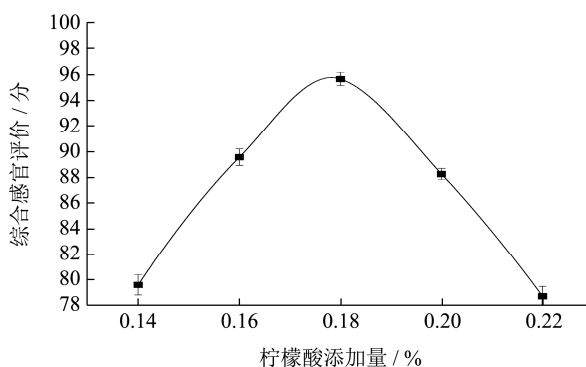


图2 金耳和黄果槲寄生果实多糖对咀嚼片感官评价的影响

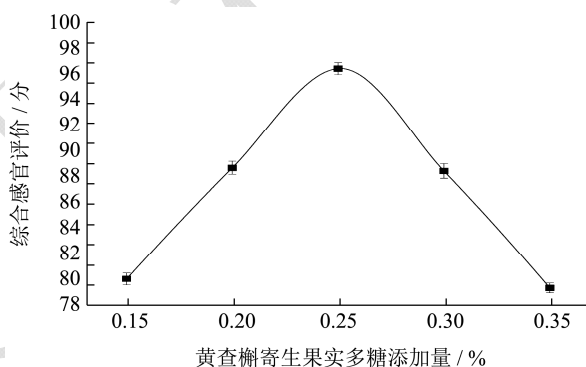


Fig.2 Effect of *Naematelia aurantialba* and *Viscum coloratum* fruit polysaccharides on sensory evaluation of chewable tablets

2.2 咀嚼片响应面试验设计与结果

选取木糖醇添加量 (A)、柠檬酸添加量 (B)、金耳添加量 (C) 和黄果槲寄生果实多糖添加量 (D) 为试验因素，以综合感官评分为响应值，按照 Box-Behnken 中心组合实验设计，优化加工工艺确定了咀嚼片的响应面试验因素水平表^[23,24]，如表 2 所示。

表2 响应面中心组合实验设计工艺因素与水平

Table 2 Factors and levels of Box-behnken design

水平	A-木糖醇 添加量/%	B-柠檬酸 添加量/%	C-金耳 添加量/%	D-黄果槲寄生果实 多糖添加量/%
-1	14	0.16	4	0.20
0	16	0.18	6	0.25
1	18	0.20	8	0.30

通过对油橄榄果渣低糖复合咀嚼片进行响应面实验设计和结果的综合感官评价，得到了试验因素的回归模型为：

$$Y=89.78+1.78A-1.47B+2.85C+2.79D-6.85AB+3.37AC+3.19AD-4.23BC+4.09BD-7.79CD-10.25A^2-6.13B^2-5.37C^2-11.24D^2。$$

方差分析结果和响应面实验设计结果如表 3 和 4 所示，由此可知，经检测模型显著 ($P<0.001$)，决定系数 (R^2) 和校正系数 (R^2_{adj}) 分别为 0.935 5 和 0.953 2，两者接近，响应面拟合较好^[2,23,24]，而且模型失拟项不显著 ($P=0.972 7$)，试验误差小。综合分析该方程能很好地反映复合咀嚼片品质与四个因素之间的响应关系^[2]。模型中 A 和 D 的一次项为显著水平 ($P<0.01$)，C 的一次项为极显著水平 ($P<0.05$)，而 B 的一次项不显著，四个二次项 (A^2 、 B^2 、 C^2 和 D^2) 都达到了极显著水平 ($P<0.01$)，而且除 A 和 D 交互项不显著外 ($P>0.05$)、其他交互项都表现出极显著差异水平 ($P<0.01$)，说明木糖醇、柠檬酸、金耳和黄果槲寄生果实多糖添加量与复合咀嚼片加工工艺影响显著，表明复合咀嚼片各因子的试验值与预测值接近，可信度较

高，可用于复合咀嚼片加工工艺优化的理论预测^[2,23,24]。因素大小顺序为：金耳添加量（C）>木糖醇添加量（A）>黄果槲寄生果实多糖添加量（D）>柠檬酸添加量（B）。通过模型和方差分析可以确定影响复合咀嚼片品质的

表 3 复合咀嚼片工艺优化响应面模型分析

Table 3 Response surface model analysis of composite chewable tablets process optimization						
方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	2 135.58	14	152.54	39.74	<0.000 1	**
A-木糖醇添加量/%	30.08	1	30.08	7.84	0.014 2	*
B-柠檬酸添加量/%	14.08	1	14.08	3.67	0.076 1	
C-金耳添加量/%	46.23	1	46.23	12.04	0.003 7	**
D-黄果槲寄生果实多糖添加量/%	27.22	1	27.22	7.09	0.018 5	*
AB	64	1	64	16.67	0.001 1	**
AC	169	1	169	44.03	<0.000 1	**
AD	7.85	1	7.85	1.71	0.214 7	
BC	81.29	1	81.29	21.77	0.001 7	**
BD	64	1	64	16.67	0.001 1	**
CD	148.23	1	148.23	38.62	<0.000 1	**
A ²	759.7	1	759.7	197.94	<0.000 1	**
B ²	275.2	1	275.2	71.7	<0.000 1	**
C ²	205.23	1	205.23	53.47	<0.000 1	**
D ²	817.39	1	817.39	212.97	<0.000 1	**
残差	53.73	14	3.84			
失拟项	15.73	9	1.75	0.23	0.972 7	
误差	38	5	7.6			
总误差	2 189.31	28				

注：表中**表示显著性 $P<0.01$ ；*表示显著性 $P<0.05$ 。

表 4 复合咀嚼片响应面实验设计与结果

Table 4 Response surface design and results of compound chewable tablets					
实验编号	A-木糖醇添加量/%	B-柠檬酸添加量/%	C-金耳添加量/%	D-黄果槲寄生果实多糖添加量/%	综合感官评价/分
1	14	0.18	8	0.25	76
2	16	0.20	6	0.20	76
3	16	0.18	8	0.30	73
4	16	0.18	6	0.25	96
5	16	0.18	4	0.30	84
6	14	0.18	6	0.30	82
7	14	0.20	6	0.25	79
8	16	0.20	4	0.25	75
9	16	0.16	6	0.20	74
10	16	0.16	4	0.25	85
11	16	0.20	6	0.30	79
12	16	0.18	8	0.20	85
13	18	0.16	6	0.25	83
14	18	0.18	6	0.30	76
15	16	0.20	8	0.25	88
16	16	0.18	6	0.25	96

续表 4					
实验编号	A-木糖醇添加量/%	B-柠檬酸添加量/%	C-金耳添加量/%	D-黄果槲寄生果实多糖添加量/%	综合感官评价/分
17	14	0.18	4	0.25	79
18	16	0.18	6	0.25	96
19	16	0.16	6	0.30	83
20	14	0.18	6	0.20	79
21	18	0.18	8	0.25	88
22	16	0.18	6	0.25	89
23	16	0.18	6	0.25	93
24	18	0.20	6	0.25	74
25	16	0.16	8	0.25	81
26	14	0.16	6	0.25	79
27	16	0.18	6	0.25	94
28	18	0.18	4	0.25	77
29	18	0.18	6	0.20	76

响应曲面的坡度和等高线都可直观反映出添加因素对复合咀嚼片感官品质的敏感度^[2,23,24],四种因子之间交互作用对对复合咀嚼片感官品质的结果如图 3~8 所示。响应面存在着最高值,而且四个因子之间交互影响均在等高线范围之内,说明影响复合咀嚼片最优条件就在所选的浓度范围之内^[2,23,24]。通过响应面分析预测的最佳工艺参数为:木糖醇添加量为 18%、柠檬酸添加量为 0.16%、黄果槲寄生果实多糖添加量为 0.25%、金耳添加量为 6%,而且复合咀嚼片最佳优化工艺的理论预测综合感官评价为 95.54(分),按照预测的最佳优化工艺重复实验,复合咀嚼片综合感官评价值为 94.93(分),和理论值相比没有差异($P>0.05$),与单因素实验的结果一致。而且在优化的配方中用木糖醇作为甜味剂,不但丰富了营养成分,还适用于糖尿病患者^[5,25];添加柠檬酸和 D-异抗坏血酸钠既可以增加立体的酸味感觉,又能提高保存时间,并有阻止氧化酸败,稳定产品的颜色的作用^[25,26],添加氯化钙可以强化咀嚼片的均一性。添加黄果槲寄生果实多糖不但增添了保健功能^[13-15],更为增添了口感的层次性。

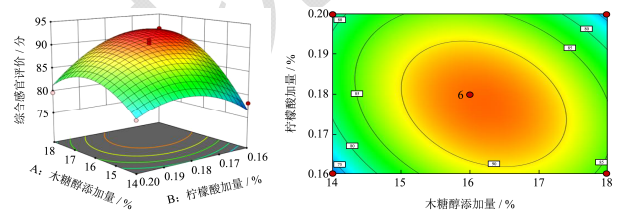


图 3 木糖醇和柠檬酸添加量对咀嚼片感官品质的响应图

Fig.3 Response of xylitol and citric acid addition to the sensory quality of chewable tablets

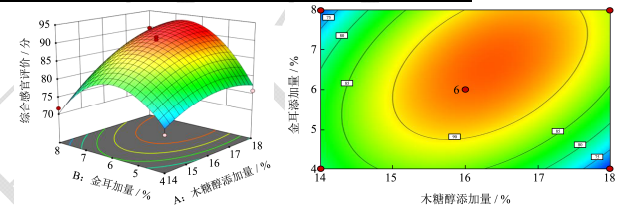


图 4 木糖醇和金耳添加量对咀嚼片感官品质的响应图

Fig.4 Response of xylitol and *Naematelia aurantialba* to the sensory quality of chewable tablets

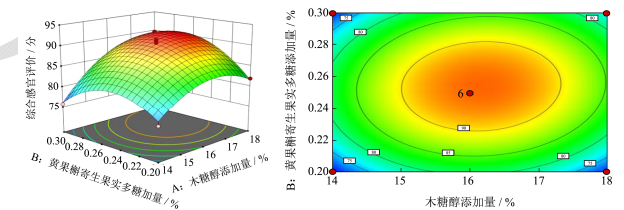


图 5 木糖醇和黄果槲寄生果实多糖添加量对咀嚼片感官品质的响应图

Fig.5 Response of xylitol and *Viscum coloratum* fruit polysaccharide addition to the sensory quality of chewable tablets

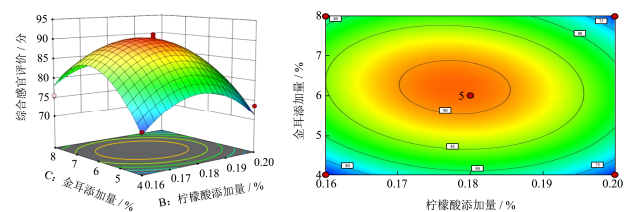


图 6 柠檬酸和金耳加量对咀嚼片感官品质的响应曲图

Fig.6 Response of citric acid and *Naematelia aurantialba* addition to the sensory quality of chewable tablets

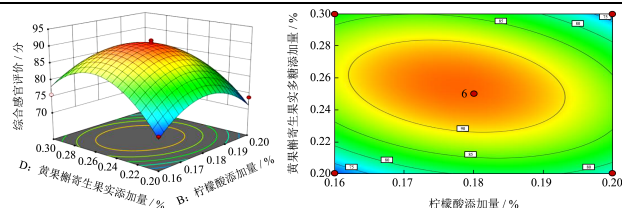


图7 柠檬酸和黄果槲寄生果实多糖添加量对咀嚼片感官品质的响应图

Fig.7 Response of citric acid and *Viscum coloratum* fruit polysaccharide addition to the sensory quality of chewable

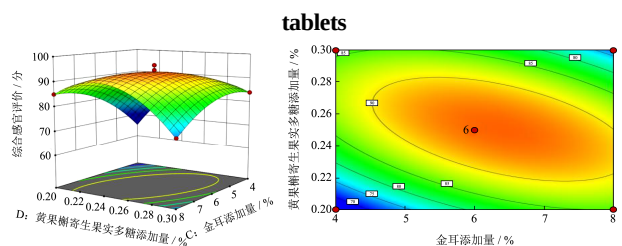


图8 金耳和黄果槲寄生果实多糖添加量对咀嚼片感官品质的响应图

Fig.8 Response of *Naematelia aurantialba* and *Viscum coloratum* fruit polysaccharide addition to the sensory quality of chewable tablets

2.3 感官评价和质量指标测定

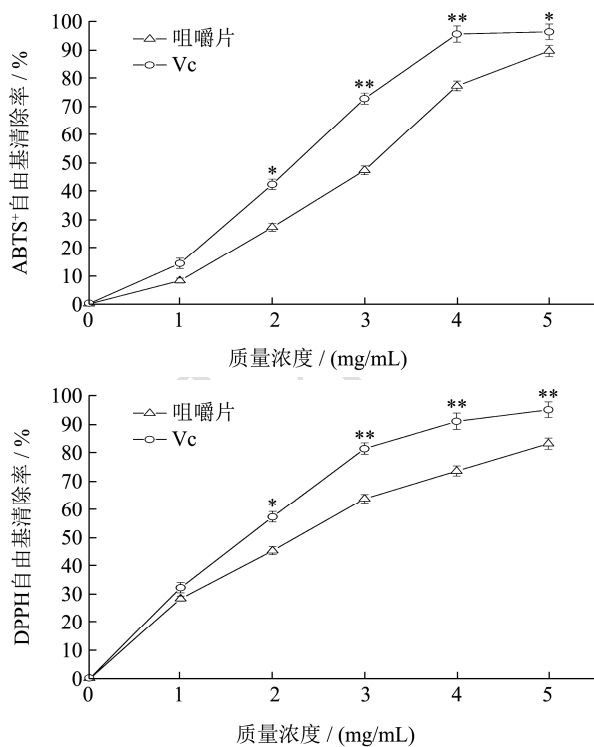


图9 咀嚼片和Vc对ABTS⁺和DPPH·的清除率

Fig.9 ABTS⁺ and DPPH radical scavenging by chewable tablets and Vc

注: 图中咀嚼片与Vc组比较, * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。下同。

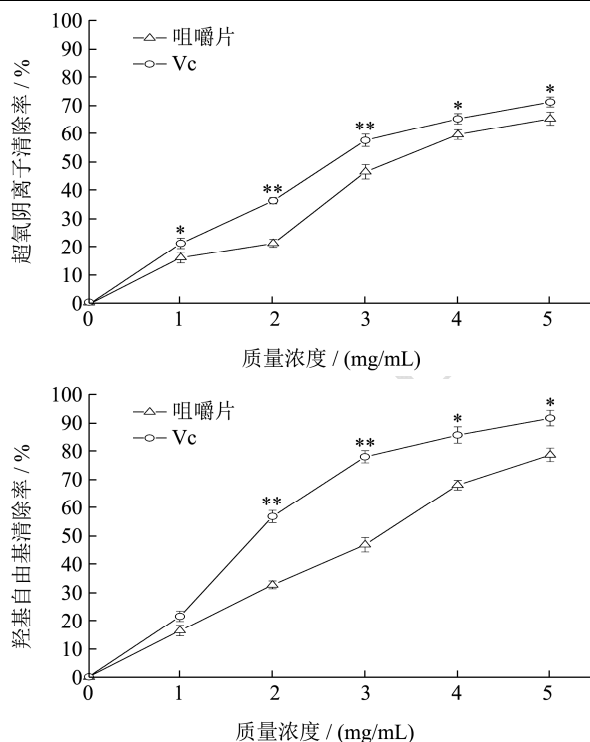


图10 咀嚼片和Vc对超氧阴离子和羟基自由基的清除率

Fig.10 Superoxide anion and hydroxyl radical scavenging by chewable tablets and Vc

油橄榄果渣低糖复合咀嚼片的抗氧化能力由图9~10所示。用Vc和咀嚼片对比考察抗氧化作用,随着咀嚼片的质量浓度升高,对ABTS⁺、DPPH·、·OH和O₂⁻清除能力也随之升高,所表现出的综合抗氧化能力也随之增强,但均比Vc弱。在5 mg/mL的浓度下,复合咀嚼片所表现出的ABTS⁺、DPPH·、·OH和O₂⁻清除率分别为91.28%、83.47%、67.58%和79.84%,与同等浓度的Vc相比均呈显著性差异($P<0.05$)。

对油橄榄果渣低糖复合咀嚼片进行3次重复试验,考察崩解时限、硬度、质量差异以及减失质量百分比等质量指标,结果如表5所示,由此可知:重复试验的咀嚼片均在13 min左右崩解完成,硬度在42~45 N范围之内,均大于30 N,质量差异在7.5%上下,减失质量百分比小于0.50%。通过对制得片剂咀嚼片质量指标测定可以看出,制备工艺优化已达到片剂制备质量标准要求^[20,21]。制备的复合咀嚼片形态完整,断面结构细密、无粉末,硬度适中、薄厚均匀,酸甜适中、咀嚼性好、无颗粒感,油橄榄特有风味突出,整体气味协调较好、无其他异味,颜色淡棕色,均匀一致,对其进行理化指标和微生物指标检测,各项理化指标均符合《中国药典》2015版要求,未检出致病菌,结果如表6所示。

表 5 油橄榄果渣低糖复合咀嚼片质量指标

Table 5 Quality indes of olive pomace low-sugar compound chewable tablets				
重复	崩解时限/min	硬度/N	质量差异/g	减失质量百分比/%
1	13.58±0.78	42.48±0.28	0.266 4±0.001 4	0.23±0.01
2	13.78±0.35	45.48±0.28	0.272 1±0.001 8	0.21±0.02
3	13.39±0.56	44.21±0.54	0.280 8±0.001 8	0.19±0.04

表 6 油橄榄果渣低糖复合咀嚼片的微生物指标

Table 6 Microbiological index of olive pomace low-sugar compound chewable tablets							
菌落总数 (CFU/g)	大肠杆菌数 (MPN/100 g)	真菌数量 (CFU/g)	沙门氏菌数 (CFU/g)	重金属/(mg/kg)			
				总砷	总铅	总镉	总汞
3.95±0.54	2.87±0.78	4.29±0.42	-	-			
国家标准<10	<5.0	<10	<5.0	<5.0			

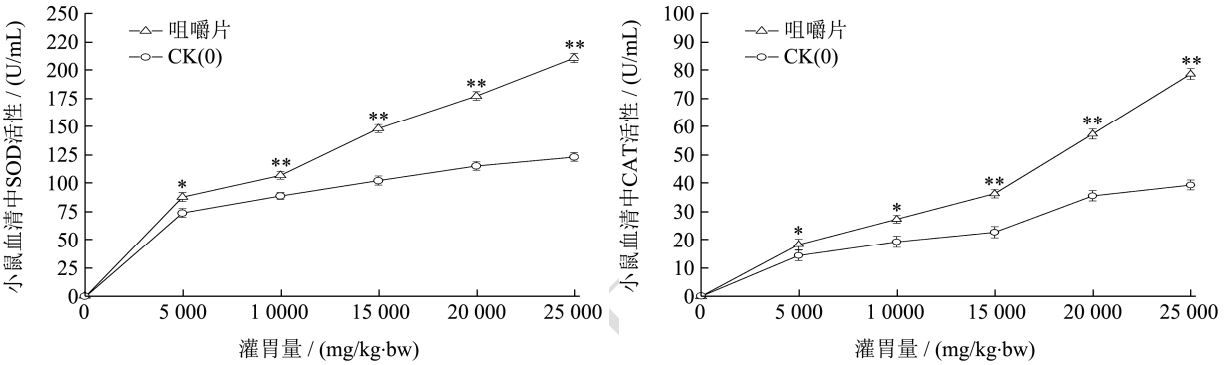


图 11 咀嚼片对小鼠急性毒理 SOD 和 CAT 活性的影响

Fig.11 Effect of chewable tablets on SOD and CAT activity in mice with acute toxicity

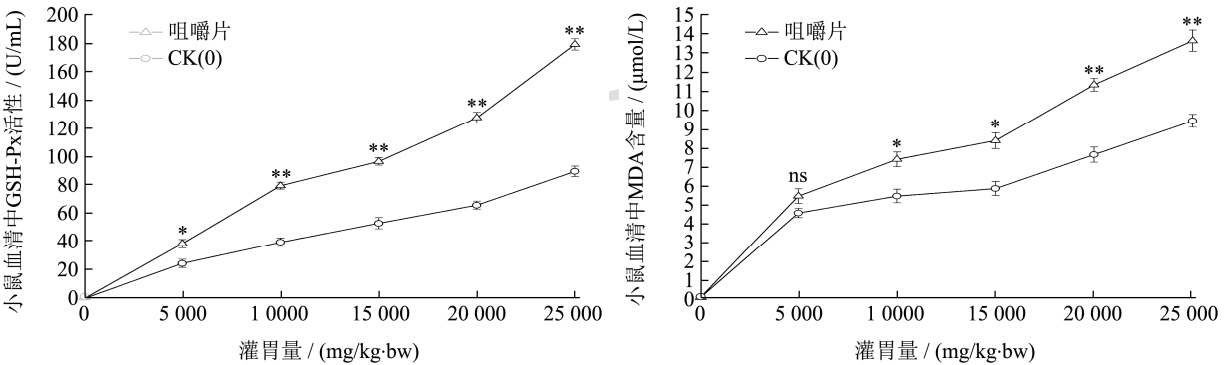


图 12 咀嚼片对小鼠急性毒理 GSH-Px 活性和 MDA 含量的影响

Fig.12 Effect of chewable tablets on GSH-Px activity and MDA content in mice with acute toxicity

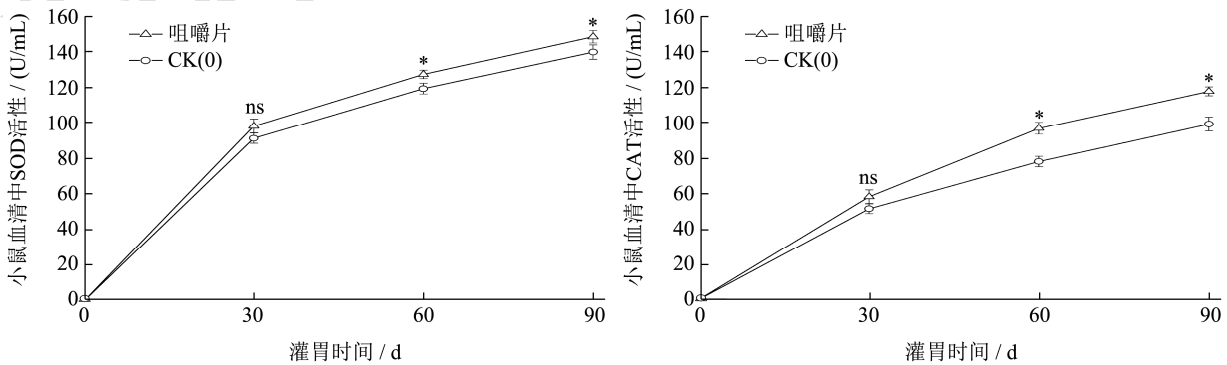


图 13 咀嚼片对小鼠慢性毒理 SOD 和 CAT 活性的影响

Fig.13 Effect of chewable tablets on SOD and CAT activity in mice with chronic toxicologica toxicity

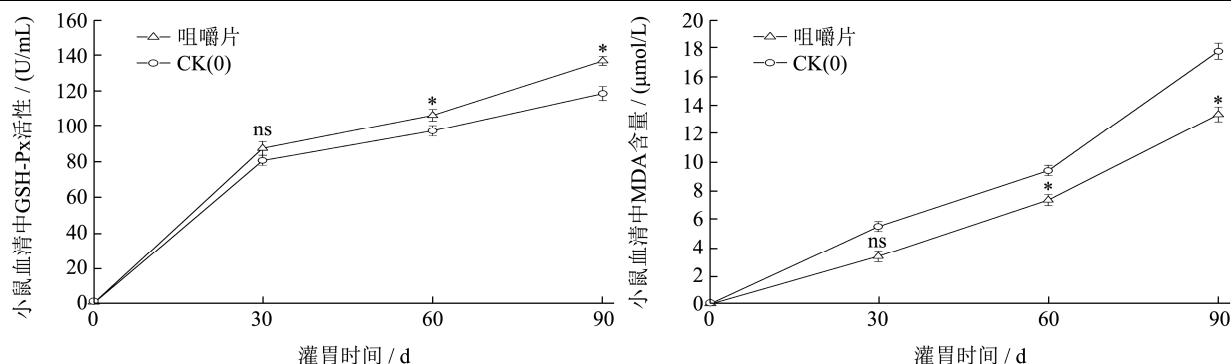


图 14 咀嚼片对小鼠急性毒理 GSH-Px 活性和 MDA 含量的影响

Fig.14 Effect of chewable tablets on GSH-Px activity and MDA content in mice with chronic toxicity

2.4 对小鼠急慢性毒理检测

油橄榄果渣低糖复合咀嚼片对小鼠口服灌胃急性毒理实验中, 一次性灌服最大剂量为 25 000 mg/kg·bw, 给药后依据叶文斌等^[22]的方法笼边观察 7 d, 给药后各组小鼠外观毛色光亮, 无窜动跳跃、竖毛扭体等异常反应现象, 小鼠活动自如, 摄食进水、大小便正常, 未出现死亡, LD₅₀ 未检出, 根据毒理学评价标准, LD₅₀ > 10 000 mg/kg·bw 属于无毒物质^[22], 对小鼠血清中生化指标进行检测, 结果如图 11~12 所示。灌胃剂量为 25 000 mg/kg·bw, 7 d 后对小鼠血清中 SOD、CAT、GSH-Px 活性和 MDA 含量进行检测后, 小鼠血清中 SOD、CAT、GSH-Px 活性和 MDA 含量均升高与 CK (0) 相比成极显著性差异 ($P < 0.01$); 对小鼠进行颈椎脱臼处死, 进行重要脏器病理检查, 均未出现明显病理变化, 说明咀嚼片对小鼠急性毒理安全。对小鼠口服灌胃慢性毒理实验中, 灌服剂量均为 400 mg/kg·bw, 连续灌胃 90 d, 给药后依据叶文斌等^[22]的方法持续观察, 对小鼠血清中生化指标进行检测, 结果如图 13~14 所示。在灌胃剂量为 25 000 mg/kg·bw, 连续灌胃 90 d 后, 小鼠血清中 SOD、CAT 与 GSH-Px 活性与 CK (0) 之间相比均呈极显著升高 ($P < 0.01$), 小鼠血清中 MDA 的含量与 CK (0) 之间相比均呈极显著降低 ($P < 0.01$), 对重要的脏器进行病理检查, 均未出现明显病理变化。在急慢性毒理实验中通过提高机体的内源抗氧化酶 SOD、CAT 与 GSH-Px 活性而提高机体的抗氧化能力, 启动 CAT 就可以有效分解 H₂O₂, 降低 H₂O₂ 对细胞的损伤^[27], 同时在清除自由基诱发的脂质过氧化产物的时候 GSH-Px 和 SOD 与 CAT 一同保护了肝细胞膜结构和功能的完整性^[27], 降低了机体内脂质和组织过氧化程度, 进而减少 MDA 的含量。

综上所述, 复合咀嚼片可以提高小鼠体内 SOD、CAT 与 GSH-Px 等内源抗氧化酶活性, 增强机体的抗氧化能力, 降低机体内脂质和组织过氧化的程度, 进

而减少 MDA 的含量, 对小鼠属于急慢性无毒性物质。

3 结论

以陇南油橄榄果渣膳食纤维为材料复配金耳和黄果槲寄生果实多糖, 添加木糖醇、柠檬酸、氯化钙和 D-异抗坏血酸钠等食品添加剂研制油橄榄果渣低糖复合咀嚼片, 根据综合感官评价, 进行响应面设计实验, 优化的配方为木糖醇、柠檬酸、金耳和黄果槲寄生果实多糖添加量分别为 16%、0.18%、6%和 0.25%, 并添加 0.01%的氯化钙和氯化钠、0.03%的 D-异抗坏血酸钠、1%的硬脂酸镁和 0.5%的麦芽糊精。研制的低糖复合咀嚼片形态完整, 断面结构细密、无粉末, 硬度适中、薄厚均匀, 酸甜适中、咀嚼性好、无颗粒感, 油橄榄特有风味突出, 整体气味协调较好、无其他异味, 颜色淡棕色, 均匀一致, 对其进行理化指标和微生物指标检测, 各项理化指标均符合国家安全标准, 一次性灌胃 25 000 mg/(kg·bw)观察 7 d 和 400 mg/(kg·bw)标准连续灌胃小鼠 90 d, 结果显示其无急慢性毒理作用。对咀嚼片进行抗氧化能力检测, 表现出较好的 ABTS⁺自由基、DPPH 自由基、超氧阴离子自由基和羟基自由基清除能力, 通过最优化的配方所得到的咀嚼片, 实际测得感官评分与模型预测值相近, 检测的重金属含量均低于国家安全标准 (<0.05 mg/kg), 未检出沙门氏菌和金黄色葡萄球菌等致病菌, 大肠杆菌数和真菌数量均远低于国家安全标准。

参考文献

- [1] 严毅, 张夸云, 铁筱睿, 等. 外源 6-BA 对油橄榄生殖生长期光合特性的影响[J]. 经济林研究, 2020, 38(2): 177-182.
- [2] 叶文斌, 樊亮, 胡文斌, 等. 黄樱桃-拐枣多糖-油橄榄果汁低糖复合果酱研制[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2022, 43(4): 21-29.
- [3] Difonzo G A, Troilo M A, Squeo G O, et al. Functional

- compounds from olive pomace to obtain high-added value foods - A review [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021, 101(1): 15-26.
- [4] 王安华,龙国清,王东东,等.油橄榄果渣中多酚提取及活性研究进展[J].*食品研究与开发*,2021,42(5):219-224.
- [5] 张华玲,吴琴,迟原龙,等.鲜油橄榄果渣的主要化学成分分析[J].*中国油脂*,2016,41(9):103-106.
- [6] 黄俊瑾,张华玲,洛桑卓玛,等.油橄榄果渣对面粉及面团理化特性的影响[J].*食品工业*,2021,42(1):24-28.
- [7] Brandon B K, Claiborne Rice. Folk illusions and the social activation of embodiment: ping pong, olive juice, and elephant shoe(s) [J]. *Journal of Folklore Research*, 2016, 53(2): 63-85.
- [8] 杨林雷,李荣春,曹瑶,等.金耳的学名及分类地位考证[J].*食药菌*,2020,28(4):252-255,276.
- [9] 杨林雷,李荣春,曹瑶,等.金耳及金耳多糖的药用保健功效及其机理研究进展[J].*食药菌*,2021,29(3):176-182.
- [10] 罗晓莉,张沙沙,曹晶晶,等.云南 3 种胶质食用菌营养成分分析与蛋白质营养价值评价[J].*食品工业科技*,2021,42(14):328-333.
- [11] 何容,罗晓莉,李建英,等.金耳研究现状与展望[J].*食药菌*,2019,27(1):41-47.
- [12] Stein G M, Edlund U, Pfüller, et al. Influence of polysaccharides from *Viscum album* L. on human lymphocytes, monocytes and granulocytes *in vitro* [J]. *Anticancer Res*, 1999, 19(5B): 3907-3914.
- [13] 叶文斌,樊亮,王昱,等.黄果槲寄生果实多糖的流变学特性[J].*甘肃农业大学学报*,2017,52(6):141-146.
- [14] 叶文斌,樊亮,王昱,等.黄果槲寄生果实多糖对急性酒精肝损伤小鼠的保护作用[J].*安徽农业大学学报*,2017,44(2): 218-223.
- [15] 叶文斌,樊亮,王昱,等.黄果槲寄生果实多糖对环磷酸腺苷诱导免疫低下小鼠免疫功能影响[J].*甘肃农业大学学报*,2018, 53(1):1-7,14.
- [16] 朱春媚,滕健皓,张梦,等.咀嚼片质量评价方法研究进展[J].*中国新药杂志*,2022,31(7):645-654.
- [17] 张梦宇,侯敏婕,时焕军,等.红平菇锌多糖咀嚼片制备工艺及其体外抗氧化活性研究[J].*微生物学杂志*,2022,42(2): 108-116.
- [18] 刘俭,蔡永国,周汤琳,等.沙棘粉咀嚼片的配方优化及其品质分析[J].*食品工业科技*,2022,43(3):188-194.
- [19] 任小莉,王树林,王进英,等.响应面法优化黄果梨咀嚼片制备配方[J].*食品安全质量检测学报*,2022,13(1):254-261.
- [20] 汤葆莎,赖谱富,李怡彬,等.芙蓉李咀嚼片酚类物组成及其生物活性[J].*福建农业学报*,2020,35(7):788-794.
- [21] 张志红,王晓婧,崔林峰.植物原粉压片糖果品质影响因素的研究[J].*食品与发酵科技*,2017,53(1):59-62.
- [22] 叶文斌,樊亮.纹党多糖对四氧嘧啶诱导糖尿病大鼠血糖血脂的影响[J].*食品工业科技*,2015,36(20):359-363.
- [23] 叶文斌,李娜,马应丽,等.低糖三叶木通果实/桑葚复合果酱加工工艺研究[J].*四川轻化工大学学报(自然科学版)*,2021, 34(2):25-32.
- [24] 叶文斌,马应丽,李娜,等.响应面法优化陇南黄樱桃低糖保健酱配方研究[J].*保鲜与加工*,2021,21(12):51-58.
- [25] 郭慧珍,党斌,张杰,等.不同磨粉方式对青稞粉品质特性的影响[J].*核农学报*,2022,36(5):988-997.
- [26] 盛文军,韩舜愈,蒋玉梅,等.绿色油橄榄罐头加工中氨基酸与金属元素的变化[J].*现代农业科技*,2009,16:325-327.
- [27] 毕司英,齐涛,顾甜甜,等.过氧化氢酶作为新型抗氧化剂的应用及研究进展[J].*山东畜牧兽医*,2021,42(12):56-59.